

Giovanni De Cesare, Cécile Münch-Aligné, Milad Daneshvari, Sebastian Schwindt und Fernando Biaggi

# Psamathe – Alternatives Konzept der Entsanderspülung

Die vollständige Spülung von Dufour-Sandfängen geht einher mit erheblichen Verlusten des Triebwassers, wodurch der Anlagenenertrag geschmälert wird. Die Effizienz eines neuartigen Spülsystems wird durch numerische Simulationen anhand einer Fallstudie eines Dufour-Sandfangs bewiesen. Das System ermöglicht gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilungen entlang des Spülkanals im Bereich einer ausreichenden Sedimenttransportkapazität, im Gegensatz zu bestehenden Systemen, die erst im letzten Drittel des Spülkanals ausreichende Fließgeschwindigkeiten erreichen.

## 1 Einleitung

Bereits die antiken Griechen wussten um die Bedeutsamkeit des Sandes und schrieben dem Material mit Psamathe eine Göttin zu. Sie ist eine der etwa 50 Nereiden, den Töchtern des Nereus und der Doris. Der Ursprung ihres Namens liegt in den griechischen Worten psammos, Sand, und theia, Göttin. [4]

Einige Zeit nach der Antike wurde im Jahr 2007 der zuvor entdeckte dreizehnte Mond des Neptuns von der Internationalen Astronomischen Union nach Psamathe benannt, gemäß der NASA ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov)), die alle Monde des Neptuns in Anspielung an die Götter Neptun oder Poseidon und deren Nachfahren benennt, wie z. B. die Nereiden.

Um dem Namen der Sandgöttin weiteren Ruhm hinzuzufügen, entschieden die

Projektverantwortlichen die vorliegende Studie einer alternativen Entsanderspülung ebenfalls nach Psamathe zu benennen. Von größerer Relevanz als die der terminologischen Historie dieser Studie sind ihre technischen Aspekte, da Sand im Triebwasser für Wasserkraftbetreiber einen kritischen Aspekt darstellt.

Der sichere und ökonomische Betrieb sowie eine lange Lebensdauer der Turbinen, Leitapparate und Schieber einer Wasserkraftanlage sowie das Verhindern ungewollter Ablagerungen im System können durch Installation eines Entsanders oder Sandfangs gewährleistet werden. Grundsätzlich besteht dieser aus einem Absetzbecken, gebildet aus einem geraden, relativ tiefen und breiten Kanal. Der Querschnitt des Kanals im Langsandfang wird in der Regel konstant gehalten, um Turbulenzen zu verringern und das Ab-

setzverhalten zu fördern. Bei größeren Durchflüssen werden mehrere Becken parallel angeordnet, um ein gleichmäßiges Durchströmen zu ermöglichen [12]. Die abgelagerten Feststoffe müssen regelmäßig aus dem Absetzraum gespült werden. Obwohl es langjährig bewährte Systeme gibt, sollte der große Erfahrungswert mit bestehenden und gut funktionierenden Systemen kein Hindernis darstellen, Gutes noch besser zu gestalten.

## 2 Bestehende Spülsysteme bei Entsander

Der wesentliche Parameter eines Sandfangs ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit, gekoppelt mit der Absetzgeschwindigkeit des maßgebenden Korn ( $D_{\min}$  meistens im Bereich von 0,2 bis 0,3 mm) und der daraus errechneten erforderlichen Beckenlänge. Der obere Teil des Sandfangs dient als Absetzbereich, die darunterliegende Zone als Ablagerungsbereich. Im Idealfall kann sich das Sediment bei ruhigem Abfluss kontinuierlich im Becken auf dessen gesamter Länge absetzen und wird dann von Zeit zu Zeit durch den darunterliegenden Spülkanal ausgewaschen [2].

Am unteren Ende des Beckens werden der Ausfluss und der Wasserstand durch eine Endschwelle oder durch eine Schütze gesteuert. Eine typische Form eines Sandfangs ist in Bild 1 dargestellt.

Eine klassische Entsanderanlage besteht aus Einlaufkanal, Grobrechen, je nach Fassung einem Entkieserbereich,

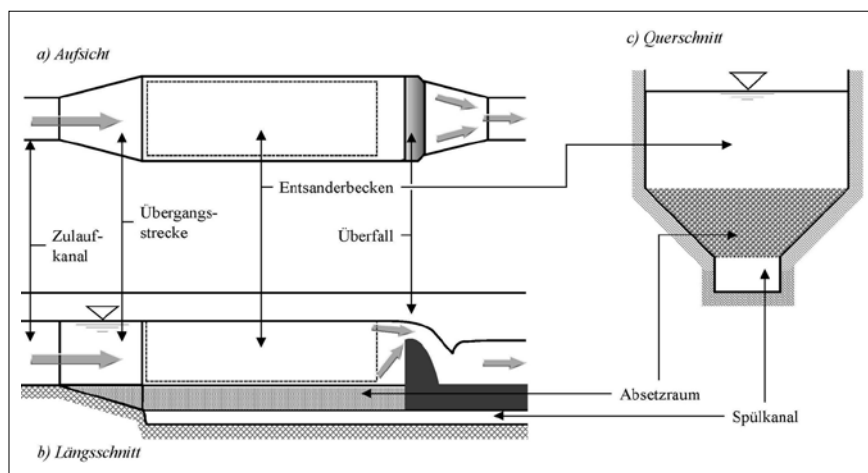


Bild 1: Typische Form eines Sandfangs [10]

Feinrechen, Entsanderkanal, Spülsystem und Überlauf am Ende des Entsanders zur Weitergabe des Wassers [10].

Die bekanntesten Entsanderanlagen mit den entsprechenden Spülvorrichtungen sind die Typen Büchi, Bieri und Dufour [3] (**Bild 2**), welche im Folgenden kurz beschrieben werden [9], [12].

Im Sandfang nach Büchi (**Bild 2a**) wird nach Teilschließung des Zuflusses und Öffnen des Spülschützes das Becken vollständig entleert, so dass ein schießender Spülstrom die Ablagerungen auf der geeigneten Sohle ins Unterwasser befördert.

Das System Bieri (**Bild 2b**) trennt die Spülrinne vom Absetzraum durch zwei übereinanderliegende Lochbleche (Lamellen). Durch Verschieben des oberen Bleches in Längsrichtung werden die Öffnungen der Bleche übereinandergelegt und die Ablagerungen aus dem Absetzraum gelangen in den Spülkanal. Für einen verlustfreien Betrieb kann auf ein Spülschütz am Ende der Spülrinne nicht verzichtet werden.

Das System nach Dufour (**Bild 2c**) kann kontinuierlich oder temporär gespült werden. Die Sohle des Absetzraumes ist durch unbewegliche Leitblätter in Holzkästen von der Spülrinne getrennt. Die Abstände zwischen den Lamellen nehmen in der Regel vom Beginn bis zum Ende des Sandfangs von ca. 20 cm auf 10 cm ab. Durch hohe Geschwindigkeiten in der Spülrinne soll bei eingestautem Betrieb ein kontinuierlicher Abfluss der abgesetzten Sedimente bei teilweise geöffnetem Spülschütz gewährleistet werden (kontinuierlich). Für eine vollständige Spülung ist jedoch die vollständige Absenkung des Wasserspiegels im Sandfang notwendig (temporär). Wie bereits angedeutet, wird die Spülwassermenge durch einen Schieber am Ende der Spülrinne kontrolliert.

Als weitere Kontrollsysteme seien erwähnt das HSR-System [11], das von Stöle [8] entwickelte Serpent-Sediment-Slucing-System (4S), der Slotted Pipe Sediment Sluicer (SPSS) und der Saxophon Sediment Sluicer (SSS) [7].

Die in der Schweiz gebräuchlichen Entsanderanlagen funktionieren gut in Lagen oberhalb der Waldgrenze. Sobald sie unterhalb davon liegen, treten häufig Probleme auf, wie die Verstopfung des Spülsystems durch Geschwemmsel. Problematisch sind vor allem Kleinholz und Blätter, die durch den Grob- bzw. Feinrechen dringen.

Ferner stellt die Spülwassermenge ein Problem dar, da sich ihr Volumen direkt

in der Menge des turbinierbaren Abflusses bemerkbar macht. Zudem besteht eine gesteigerte Unfallgefahr für Unterlieger bei großen punktuellen Spülungen.

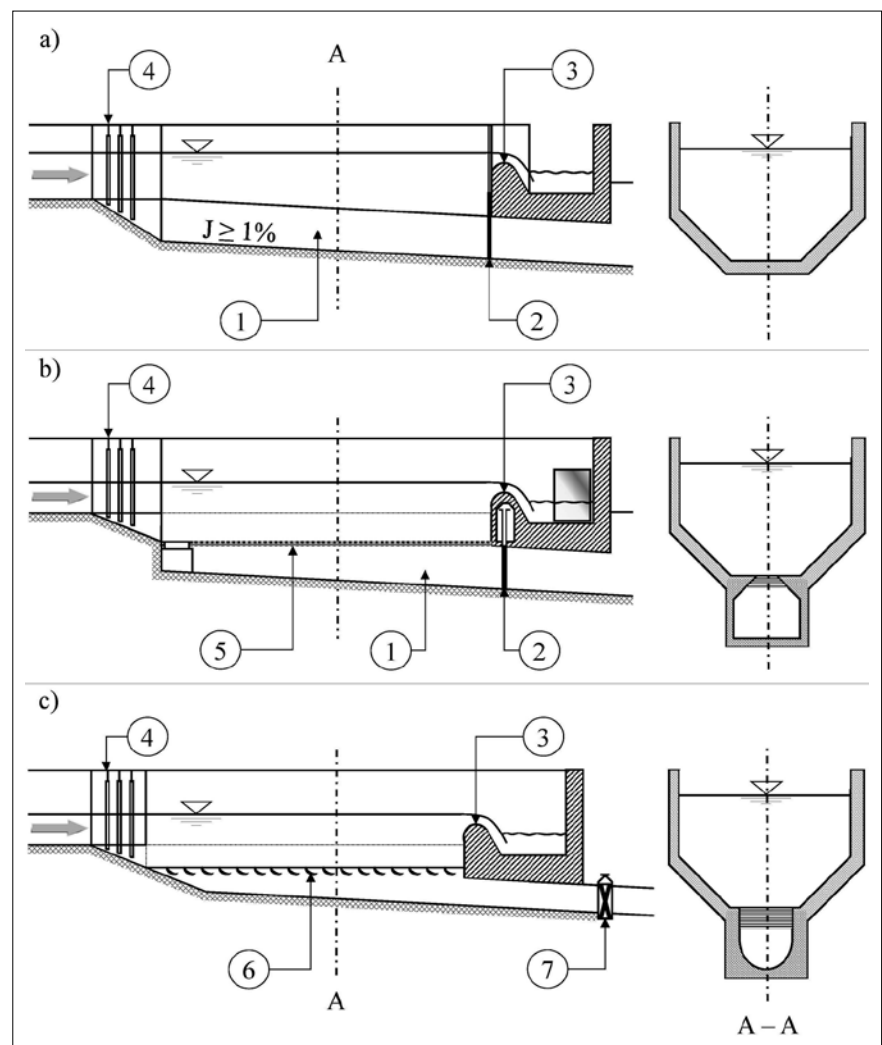
Der Großteil der existierenden Entsanderanlagen ist alt und muss in nächster Zeit revidiert werden. Es liegt nahe, bei den geplanten Revisionen die Installation technischer Maßnahmen zu erwägen, um den oben genannten Problemen zu begegnen.

Mit dem heutigen Stand der Technik können Entsander den Spülzeitpunkt selbstständig antasten und die Spülvorgänge technisch und ökonomisch optimal in die Wege leiten.

Letztlich kann durch ein neues Spülkonzept ein konstantes Wasserniveau im Entsanderbecken etabliert werden. Dadurch muss der Betrieb der Turbinen nicht mehr bedingt durch Abflussfluktuationen alterniert werden.

### 3 Fallbeispiel eines Umbaukandidats

Um den hydraulischen Wirkungsgrad eines Dufour-Sandfangs zu überprüfen, wurde der bestehende Langsandfang der Kraftwerksanlage Ernen-Mörel der Rhonewerke AG in Fiesch, Schweiz, als Referenzobjekt verwendet. Die Abflüsse der Rhone werden unterhalb des Zusammenflusses mit dem Wysswasser gefasst und in die als Laufkraftwerk konzipierte Anlage geleitet, welche 1943 in Betrieb genommen wurde und der Beschickung der Zentrale Mörel dient. Diese ist mit 3 Francis-Turbinen ausgerüstet, jeweils mit 18 MW Kapazität bei einer Bruttofallhöhe von 249 m und einer Ausbauwassermenge von 22 m<sup>3</sup>/s. Das Wasser wird anschließend oberhalb der Fassung des Kraftwerks Massaboden der Rhone rückgeführt.



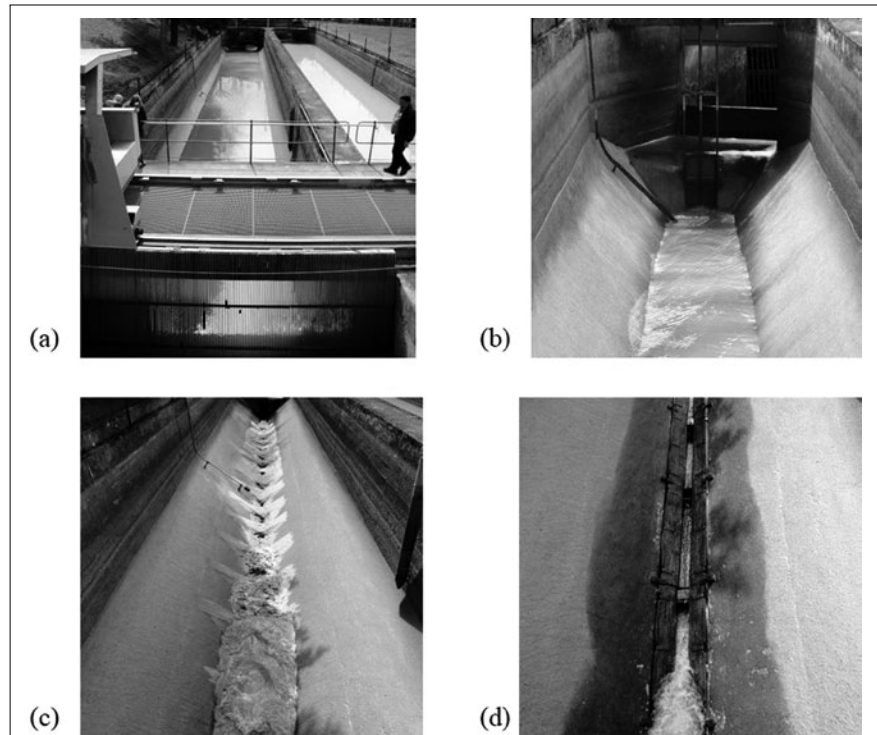
**Bild 2:** Die drei gebräuchlichsten Sandfang Spülsysteme, a) Büchi, b) Bieri und c) Dufour [12], mit: 1) Spülrinne, 2) Spülschütze, 3) Entsanderüberfall, 4) Beruhigungsrechen, 5) Lamellen, 6) Leitblätter und 7) Spülschieber

Die Entsanderanlage hat zwei parallele, 45 m lange sowie 5,85 m breite Becken und befindet sich praktisch im Originalzustand. Die Abflüsse bewegen sich zwischen 5 und 12 m<sup>3</sup>/s je Becken. Der Spülprozess wird bei starkem Feststoffanfall oder signifikanten Ablagerungen manuell eingeleitet. Dabei wird in einem ersten Schritt die Spülung durch Absenken in einem der beiden Becken durchgeführt. Das andere Becken wird mit der doppelten Wassermenge beschickt und entsandet somit nicht optimal. Eventuell verbleibende Sandreste zwischen den Spülöffnungen werden durch mehrmalige rasche Wasserzugaben nahezu vollständig ausgewaschen. Bild 3 zeigt den Sandfang während des Spülprozesses.

Eine Spülung bis zur Wiederinbetriebnahme dauert bei vollständiger Absenkung ca. 20 Minuten. Zum Vergleich mit den numerischen Simulationen wurde das linke Becken auf seiner gesamten Länge gespült. Dies funktioniert jedoch nur korrekt bei kompletter Absenkung. Bleibt das Becken voll, wird nur etwa das hinterste Drittel des Absetzraumes gespült. Ohne vollständiger Entleerung beträgt die Spülwassermenge etwa 1/3 der Zuflusswassermenge, was ein Herunterfahren der Turbinen impliziert. Dadurch ist die einzig sinnvolle Lösung im Ist-Zustand die der vollständigen Entleerung.

#### 4 Alternatives Konzept der Entsanderspülung

Das neue Entsandersystem wurde von der Firma Stahleimbau und Maschinen AG so konzipiert, dass die geometrisch angepassten Ablassöffnungen und das Spülrohr

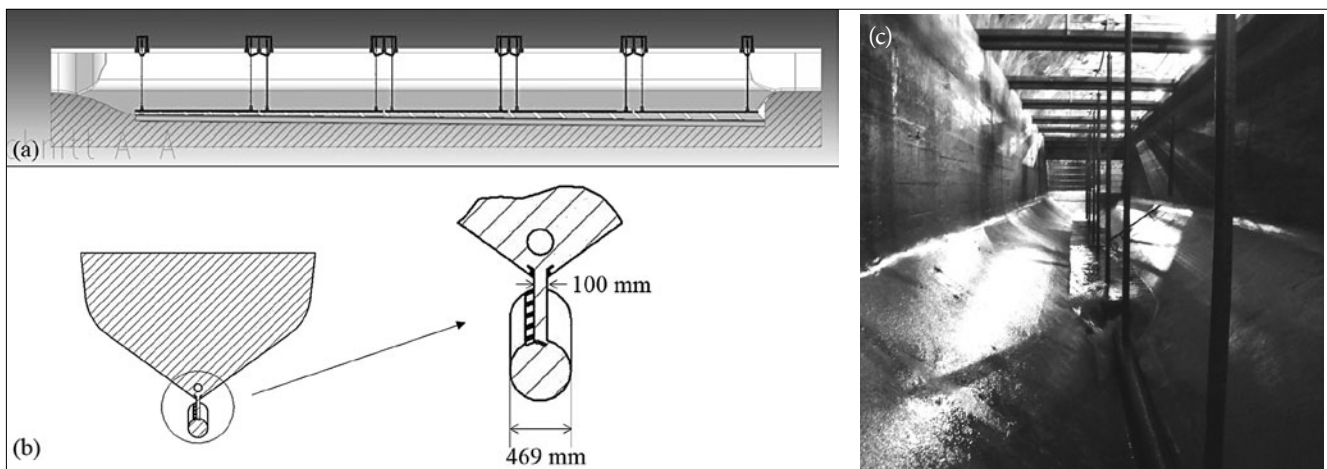


**Bild 3:** Aufnahme des bestehenden Entsanders des Typs Dufour der Kraftwerksanlage Mörel mit zwei parallelen Becken, in Fließrichtung: a) Anfang der Spülung durch Absenken des linken Beckens; b) Sicht auf das Ende der Spüleinrichtung mit Spülschütze; c) komplett gespültes Becken mit Sandresten zwischen den Öffnungen, welche durch mehrmalige schwallartige Wasserzugaben fast gänzlich weggespült werden; d) Aufnahme der freigespülten original Holzkästen mit den Leitblättern

nicht mehr infolge von Geschwemmsel verstopfen und ferner große Spüldurchflüsse durch sektionsweise automatische Spülungen vermieden werden.

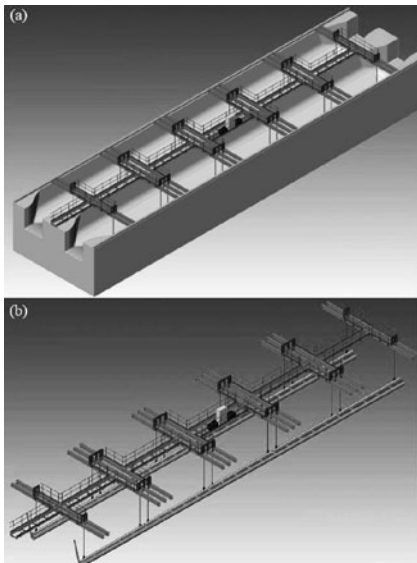
Die sektionsweise Entsandung nach dem neuen Konzept wird ermöglicht durch 5 Spülsektionen je Becken, welche unabhängig voneinander manuell oder automatisch angesteuert werden können. Mittels Sandniveausonden können zu

spülende Sektionen erkannt werden. Sektionen mit geringen Mengen an Absetzmaterial können dadurch ihrem Bedarf entsprechend seltener gespült werden. Die Ablagerungshöhe, bei welcher eine Spülung erfolgen muss, kann anhand von Simulationen und Versuchen während der Einfahrphase ebenso definiert werden wie der notwendige Hub bei der Öffnung der Schlitzte.



**Bild 4:** Psamathe-Spülsystem: a) Längsschnitt; b) Querschnitt mit Detail eines Spülschlitzes; c) Blick in eine Anlage bei einem Spülvorgang





**Bild 5:** 3-D-Ansicht der beiden Becken des Entsanders mit dem über Wasser angeordneten Hubsystem (a) und des Hubsystems alleine (b)

Die Trennung von Absetzraum und Spülrohr besteht aus 22 vertikalen, 10 cm breiten und ca. 1,5 m langen Spülschlitzen (**Bild 4**). Diese schließen zentriert an das darunterliegende Spülrohr an. Das Spülrohr und die Spülschlitze bestehen aus Kunststoff (PVC), welcher leichter und resistenter gegen Abrasion ist als Stahl [6]. Das Spülrohr wird dem vorhandenen Spülkanal angepasst und kann ohne bauseitige Arbeiten in einem bestehenden Spülkanal einfach installiert werden. Das Gefälle und der Durchmesser werden ebenfalls aus dem Bestand übernommen.



**Bild 6:** Fluidphasen in der numerischen Simulation mit ANSYS CFX

Das Spülrohr und die Schlitze wurden geometrisch für bestmögliche Bedingungen hinsichtlich Spülströmung und -geschwindigkeit optimiert. Am Ende des Spülrohrs befindet sich ein Spülschieber, welcher entweder ganz offen oder vollständig geschlossen ist, was eine wesentlich längere Lebensdauer ergibt.

Die Spülschlitze werden sektionsweise durch ein horizontales Schließrohr angesteuert (**Bild 5**). Dieses besteht im Kern aus einer Stahlkonstruktion und wird von einem dickwandigen Gummischlag umschlossen, welcher eine höhere Abdichtung in der geschlossen Position bewirkt und den Stahlkern vor Abrasion schützt.

Jeweils zwei Hydraulikzylinder mit Stahlzugstangen ermöglichen das Öffnen und Schließen der einzelnen Sektionen. Das über 400 kg schwere Schließrohr wird durch die Zugstange bei der Öffnung hochgezogen und während des Schließens geschmeidig abgelassen, um Knickungen zu verhindern.

Da nicht mehr der ganze Kanal gespült wird, wird weniger Spülwasser verbraucht und der totale Durchfluss sowie der Wasserspiegel können gehalten werden.

## 5 Numerische Simulationen

### 5.1 Technische Grundlagen

Es kommen die beiden Softwarepakete ANSYS CFX [1] und FLOW-3D [5] zur Anwendung. Die beiden technisch führenden Simulationsprogramme zur Berechnung von dynamischen Strömungen lösen die Navier-Stokes-Gleichungen mittels Finitem-Volumen-Verfahren.

Basierend auf der oben beschriebenen Fallstudie der Kraftwerksanlage Mörel wurde für die Simulation in einem ersten Schritt die Volumengeometrie des Beckens bzw. des Fluides erstellt. Letzteres wurde durch 2 Phasen definiert: Wasser und Luft mit einer Temperatur von 25° C. Das Becken und der Spülkanal sind fast vollständig mit Wasser gefüllt, lediglich zu oberst wird eine feine Luftschicht angenommen, um die Strömungsphänomene an der freien Oberfläche naturgetreu zu simulieren. Die Spülzeit beträgt gemäß des Prototyps etwa 3 Minuten.

Folgende Randbedingungen wurden implementiert (**Bild 6**):

- Eingang: Konstanter Zufluss von 12 m³/s;
- Ausgang 1: Hydrostatischer Druck in Richtung Turbine (Phydro);
- Ausgang 2: Atmosphärendruck im Austritt des Spülkanals (Patm);
- Wasseroberfläche: Randbedingung mit „Free Slip Wall“;
- Wand: keine (vernachlässigbare) Reibung.

ANZEIGE

## Die kompakte Einführung in ein zukunftsweisendes Gebiet

springer-vieweg.de



Jochem Unger, Antonio Hurtado

### Alternative Energietechnik

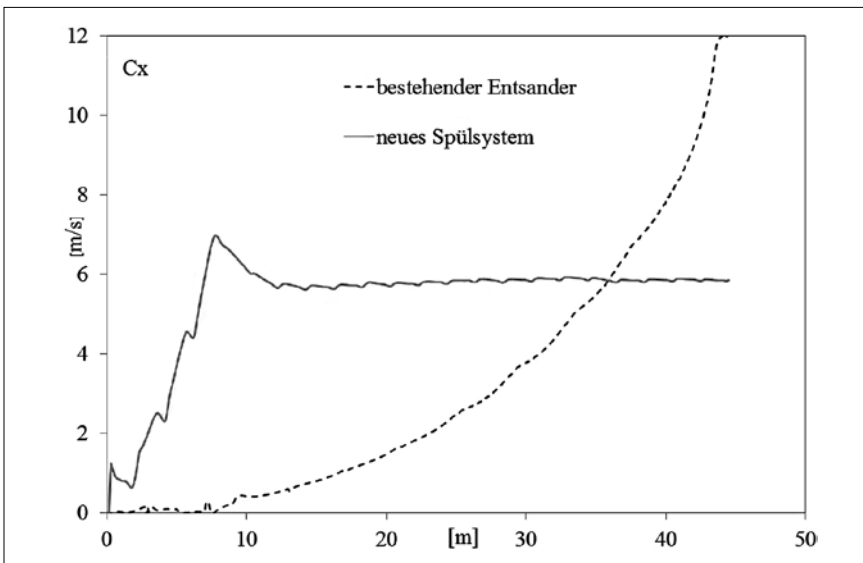
4., überarb. Aufl. 2011. II, 298 S. mit 230 Abb. Br. € (D) 32,99  
ISBN 978-3-8348-0939-1

Der Hauptinhalt des vorliegenden Buches ist neben technisch wichtigen Auslegungs- und Sicherheitskriterien für konventionelle, nukleare und regenerative Energiesysteme das Erkennen, das Beurteilen und Berücksichtigen der vom menschlichen Wirtschaften verursachten Rückwirkungen, das prinzipielle Problem der Nicht-Quantifizierbarkeit umweltrelevanter Entscheidungskriterien und Auswege aus diesem Dilemma. Zusätzlich werden aber auch gesellschaftspolitische Aspekte ins Spiel gebracht, die selbstorganisierend vom darwinistischen Wirtschaften hin zu einem humanen volkswirtschaftlichen Prozess führen, der das ökologische Minimalprinzip gerade vollständig ausschöpft.

Springer Vieweg

Einfach bestellen: [SpringerDE-service@springer.com](mailto:SpringerDE-service@springer.com)  
Telefon +49 (0)6221 / 3 45 - 4301

Änderungen vorbehalten. Erhältlich im Buchhandel oder beim Verlag. Innerhalb Deutschlands liefern wir versandkostenfrei.



**Bild 7:** Fließgeschwindigkeit im Entsanderkanal des bestehenden und des neuen Systems (ANSYS CFX)

### 5.2 Simulation mit ANSYS CFX

Die Erstellung der Volumengeometrie mit unstrukturiertem Netz erfolgt hier mittels des Programms ANSYS ICEM. An den Randregionen wurde das Netz verfeinert, um die Randschicht adäquat zu simulieren. Für die Turbulenzen wurde das Modell SST verwendet.

In **Bild 7** sind die Resultate des vorhandenen und des neuen Entsanders, welche durch die numerische Simulation mit

ANSYS erhalten wurden, anhand der horizontalen Fließgeschwindigkeit  $C_x$  des Wassers im Spülkanal über die gesamte Länge des Spülkanals dargestellt. Beim bestehenden Entsander steigt die Fließgeschwindigkeit entlang des Spülkanals an. Die minimale Fließgeschwindigkeit von 2 m/s, welche nötig ist, um einen zufriedenstellenden Sedimenttransport zu erreichen, wird erst nach ca. 35 m erreicht. Durch das neue Spülsystem kann die not-

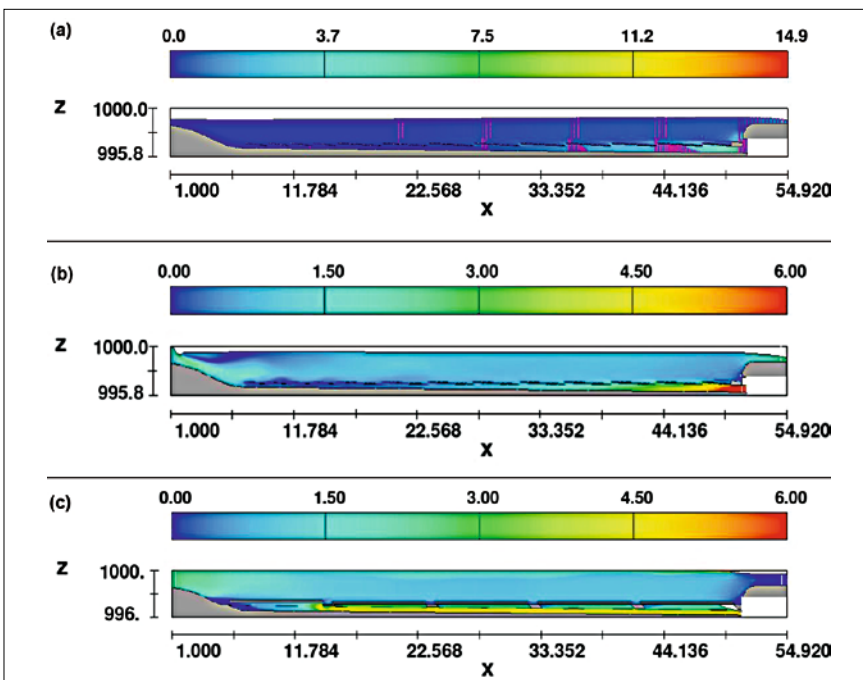
wendige Fließgeschwindigkeit durch Öffnen der ersten Sektion bereits nach wenigen Metern erreicht werden.

### 5.3 Simulation mit FLOW-3D

Die Grafiken in **Bild 8** zeigen Längsschnitte in der Mitte des simulierten Entsanders im Bestandszustand während der Spülung. Bild 8a entspricht der kompletten Öffnung beider Auslassorgane, d. h. des Grundablasses oberhalb des Spülschiebers und des Spülschiebers, entsprechend einer vollständigen Entleerung des Prototyps. Die Spülung beginnt oberhalb der Endschwelle und verläuft dann via den zuvor erwähnten Auslassorganen. Die Fließgeschwindigkeit variiert entlang des Spülkanals und erhöht sich vor allem im letzten Drittel des Kanals.

Zusätzlich wurde eine Simulation ohne vollständiger Entleerung durchgeführt. Dabei wurde bei geöffnetem Spülschieber und geschlossenem Grundablass mit einem konstanten Zufluss von 5 bzw. 12 m³/s gerechnet. Bild 8b zeigt den Geschwindigkeitsbetrag im Längsschnitt des Entsanders bei einem Zufluss von 5 m³/s, wobei die Strömungsgeschwindigkeit entlang des Spülkanals wieder ungleichförmig ist und sich erst im letzten Drittel auf einen Betrag, der vollständigen Schwebstofftransport ermöglicht, erhöht. Der Ausfluss beträgt ca. 4 m³/s, wenn beide Auslassorgane geöffnet sind, und 2 m³/s, wenn nur der Spülschieber geöffnet ist.

Der Betrag der Geschwindigkeit im Sandfang mit dem verbesserten Spülsystem wurde unter den Bedingungen einer Öffnung von 10 cm des ersten Zylinders bei einem Zufluss von 12 m³/s simuliert. Bild 8c zeigt das entsprechende Ergebnis der FLOW-3D-Simulation, welches dem der Simulation mit ANSYS CFX ähnlich ist.



**Bild 8:** Geschwindigkeitsbetrag in [m/s]: a) während der Spülung durch vollständige Entleerung mit  $Q_{in} = 0$  m³/s, b) ohne vollständige Entleerung mit  $Q_{in} = 5$  m³/s und c) mit dem verbesserten Spülsystem mit  $Q_{in} = 12$  m³/s, FLOW-3D

## 6 Relevanz für die praktische Anwendung

Das neue System ist vor allem in hydraulischer Hinsicht interessant. Im bestehenden und untersuchten Sandfang beträgt der Spüldurchfluss mit knapp 6 m³/s etwa die Hälfte des Gesamtdurchflusses. Beim neuen System kann der Spüldurchfluss auf unter 1 m³/s beschränkt werden. Damit verringert sich der Triebwasserverlust um mehr als 80 %.

Die Simulationen sowie das Fallbeispiel zeigen, dass die Spülung im Bestand lediglich entlang eines kurzen Abschnitts

nach den ersten 35 m, eine ausreichende Fließgeschwindigkeit erreicht. Das neue System erweist sich hier durch deutlich niedrigere Spülwassermengen und konstant ausreichend hohe Fließgeschwindigkeiten als effizienter und das Herunterfahren der Turbinen kann verhindert werden. Auch das Unfallrisiko für Unterlieger durch schwallartige Abflüsse reduziert sich durch die geringeren Spüldurchflüsse und -zeiten.

## 7 Schlussfolgerungen

Das verbesserte Spülsystem kann in existierende Sandfänge des Typs Dufour implementiert werden. Die numerischen Simulationen konnten durch den Vergleich mit einem Prototyp verifiziert werden und zeigen die hydraulische Effizienz des neuen Systems auf, wobei sich eine maximale Spülwasserrate von etwa 1 m<sup>3</sup>/s als hinreichend herausstellt, ohne dabei den Entsander vollständig entleeren zu müssen, wodurch das Herunterfahren der Turbinen nicht länger notwendig ist. Die größeren Abstände zwischen den mobilen Zylindern und den geneigten Seitenwänden erleichtern die Spülung von Geschwemmsel.

## 8 Danksagung

Das Forschungsprojekt „Psmathée – Nouvelle génération de la conception du système de purge des dessableurs“ wurde von CimArk Wallis finanziell unterstützt. Zusätzlich gilt der Dank der Autoren der der HYDRO Exploitation SA in Sion als Betreiber und der FMV SA (Forces Motrices Valaisannes) als Besitzer der Anlage.

### Autoren

**Dr. Dipl.-Bauing. Giovanni De Cesare**  
**Sebastian Schwindt, Env. Eng.**

EPFL-ENAC-LCH  
Station 18  
1015 Lausanne, Schweiz  
giovanni.decesare@epfl.ch  
sebastian.schwindt@epfl.ch

**Milad Daneshvari, MAS Hydr. Eng.**

(ehemals EPFL-ENAC-LCH)  
SGI INGENIERE SA.  
46 Chemin de l'Étang  
1219 Châtelaine-Genève, Schweiz  
m.daneshvari@sgigroup.com

**Prof. Dr. Cécile Münch-Aligné**

HES-SO Wallis, Système Industriels  
Route du Rawyl 47  
1950 Sion, Schweiz  
cecile.muench@hevs.ch

**Fernando Biaggi, B. Sc.**

Stahlembau + Maschinen AG  
Ackersand  
3922 Stalden, Schweiz  
biaggi.fernando@stahlembau.ch

### Literatur

- [1] ANSYS Inc. (Hrsg.): ANSYS CFX 12: Solver Theory Manual. Canonsburg, USA, 2011.
- [2] Bouvard, M.: Mobile barrages and intakes on sediment transporting rivers. In: IAHR Monograph. Rotterdam: A. A. Balkema, 1992, S. 205-222
- [3] Dufour, H.: Le dessableur de l'usine de Lavey – Résultats d'exploitation de 1950 à 1953. In: Bulletin technique de la Suisse Romande (1954), No. 10.
- [4] Fink, G.: Who's who in der antiken Mythologie. 2. A. München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1993.
- [5] Flow Science Inc. (Hrsg.): Flow-3D User's Manual. New Mexico, USA, 2011.
- [6] Grein, H.; Schachenmann, A.: Solving problems of abrasion in hydroelectric machinery. In: Water Power & Dam Construction (1992), Heft 8; S. 19-24.
- [7] Jacobsen, T.: Sediment control in small reservoirs – Sediment removal through pipelines or by open channel flow. In: Proc. Optimum Use of Run-of-River Hydropower Schemes. Trondheim, Norway, 1999.
- [8] Lysne, D. K.; Olsen, N. R. B.; Stole, H.; Jacobsen, T.: Sediment Control: Recent Developments for Headworks. In: International Journal on Hydropower & Dams (1995), Heft 2, S. 46-49.
- [9] Ortmanns, Ch.: Entsander von Wasserkraftanlagen. In: Mitteilungen der VAW der WTH Zürich (2006), Nr. 193.
- [10] Schleiss A. J.: Aménagements hydrauliques (Hydraulic structures). Lausanne: LCH, EPFL-Génie Civil. 2008, S. 179-192.
- [11] Truffer, B.; Küttel, M.; Meier, J.: Wasserfassung Titer der GKW – Entsanderabzüge System HSR in grossen Entsanderanlagen. In: Wasser Energie Luft 101 (2009), Heft 3, S. 207-208.
- [12] Vischer, D.; Huber, A.: Wasserbau. Berlin: Springer, 1993.

Giovanni De Cesare, Cécile Münch-Aligné, Milad Daneshvari,  
Sebastian Schwindt and Fernando Biaggi

### Psmathe – Alternative Sand Trap Flushing System

Complete sediment removal particularly in Dufour type sand traps can only be realized with a drawdown flushing resulting in significant water loss. This water is designated for energy production, so that its loss affects the plant profitability. The proposed alternative flushing system aims improving the sand trap flushing efficiency by technical means. It intends to reduce the discharge required for sediment flushing, estimated on the base of a numerical simulation with two software packages. First, an existing Dufour flushing system is studied, then the alternative system is implemented, using the same sand trap as in a previously driven case study. The improved flushing system is proven to enable relevant flow velocities all along the flushing conduit, in contrast to the existing system which operates efficiently only along the last third of the flushing channel.

Джованни Де Чезаре, Сесиль Мюнх-Элайне, Милад Данешвари,  
Себастиан Швиндт и Фернандо Биаджи

### Псаматея – альтернативный метод промывки пескоуловителей

Полная промывка пескоуловителей Дюфур (Dufour) связана со значительными потерями воды в гидросиловой установке, вследствие чего снижается производительность установки. Эффективность новой системы промывки доказывается численными моделированиями на основе изучения пескоуловителя Дюфур (Dufour). Система позволяет осуществить равномерное распределение скорости вдоль канала промывки в области достаточного объема перемещения седиментов, в противоположность к существующим системам, которые достигают достаточных скоростей потока только в последней трети промывочного канала.